

Requested Patent: DE3510228A1

Title: BRUSHLESS SYNCHRONOUS MACHINE WITH AXIAL AIR GAP ;

Abstracted Patent: GB2174252 ;

Publication Date: 1986-10-29 ;

Inventor(s):

HARER HELMUT; KREUZER HELMUT; VERSTEGE LUDGER; SCHUSTEK
SIEGFRIED ;

Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT ;

Application Number: GB19860004738 19860226 ;

Priority Number(s): DE19853510228 19850321 ;

IPC Classification: H02K21/24 ;

Equivalents: ES8703067, FR2579385, JP61224851

ABSTRACT:

In a brushless synchronous machine with axial air gap and comprising a disc rotor 14 carrying permanent magnet segments 15, and two annular laminated stator cores 19, 20 which are held on both sides of the disc rotor 14 in the machine housing 10 and which in each case carry a three-phase armature winding 23, 24 wound of insulated wire, each laminated stator core 19, 20 is constructed as slotless sheet-steel coil 21, 22 of steel tape and each armature winding 23, 24 is constructed as self-supporting two- layer wave winding for the purpose of eliminating interfering detent torques and magnet tooth noises and of facilitating production. The armature windings 23, 24 are bonded to the face of the respective associated sheet-steel coil 21 or 22 by means of a casting compound.

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑪ **DE 35 10228 A1**

⑤① Int. Cl. 4:
H02K 21/12
H 02 K 3/04

②① Aktenzeichen: P 35 10 228.4
②② Anmeldetag: 21. 3. 85
④③ Offenlegungstag: 25. 9. 86

DE 35 10228 A1

⑦① Anmelder:

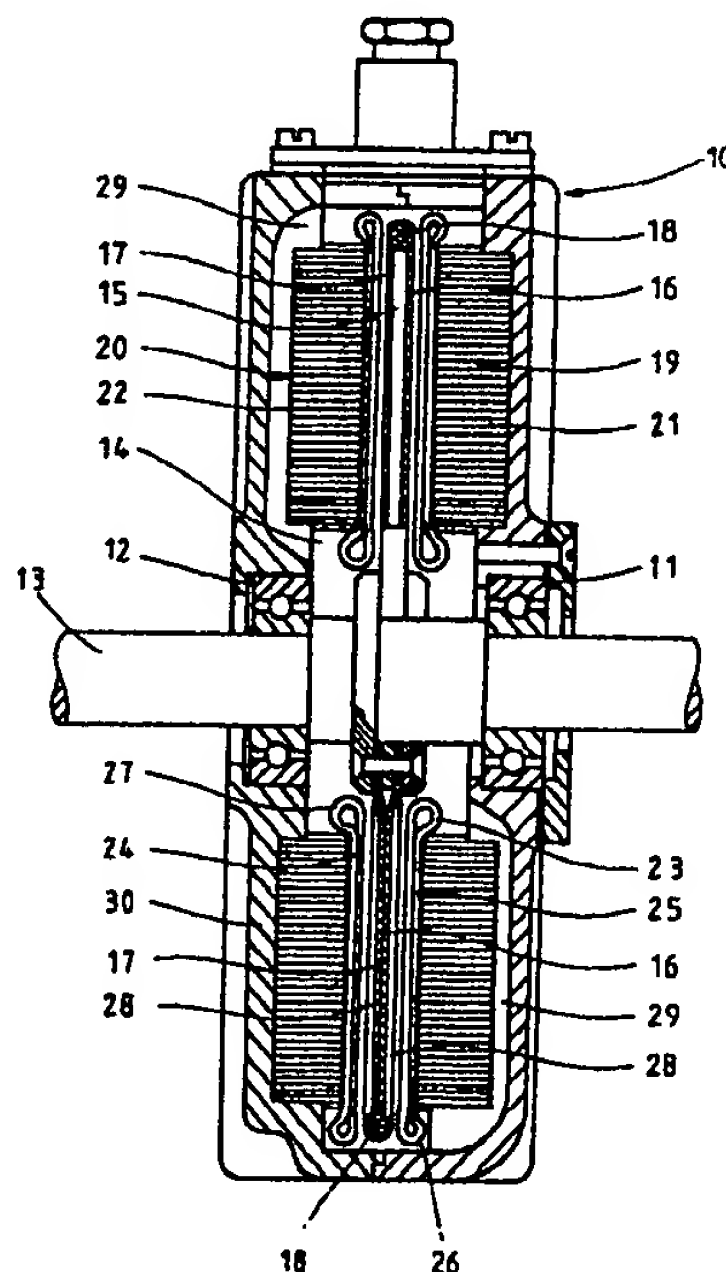
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:

Härer, Helmut, Dr.-Ing., 7148 Remseck, DE; Kreuzer,
Helmut, 7141 Schwieberdingen, DE; Schustek,
Siegfried, Dr.-Ing., 7997 Immenstaad, DE; Verstege,
Ludger, Dr.-Ing., 7145 Markgröningen, DE

⑤④ Bürstenlose Axialluftspalt-Synchronmaschine

Bei einer bürstenlosen Axialluftspalt-Synchronmaschine mit einem Permanentmagnetsegmente (15) tragenden Scheibenläufer (14) und zwei beiderseits des Scheibenläufers (14) im Maschinengehäuse (10) gehaltenen ringförmigen Ständerblechpaketen (19, 20), die jeweils eine aus isoliertem Draht gewickelte Dreiphasen-Ankerwicklung (23, 24) tragen, ist zwecks Beseitigung von störenden Rastermomenten und magnetischen Zahngeräuschen sowie zur vereinfachten fertigungstechnischen Herstellung jedes Ständerblechpaket (19, 20) als nutenloser Blechwickel (21, 22) aus Bandstahl und jeder Ankerwicklung (23, 24) als selbsttragende zweilagige Wellenwicklung ausgebildet. Die Ankerwicklungen (23, 24) werden mittels Vergußmasse auf der Stirnseite des jeweils zugeordneten Blechwickels (21 bzw. 22) aufgebracht (Fig. 1).



DE 35 10228 A1

Patentansprüche

1. Bürstenlose Axialluftspalt-Synchronmaschine mit einem Permanentmagnetsegmente tragenden Scheibenläufer und zwei beiderseits des Scheibenläufers im Maschinengehäuse gehaltenen ringförmigen Ständerblechpaketen, die jeweils eine aus isoliertem Draht gewickelte Dreiphasen-Ankerwicklung mit radial sich erstreckenden Elementseiten und mit die Elementseiten verbindenden inneren und äußeren Wickelköpfen tragen, **dadurch gekennzeichnet, daß jedes Ständerblechpaket (19, 20) als nutenloser Blechwickel (21, 22) aus breitenkonstantem Bandstahl und jede Ankerwicklung (23, 24) als selbsttragende zweilagige Wellenwicklung ausgebildet ist, die mittels Vergußmasse auf der Stirnseite des Blechwickels (21, 22) aufgeklebt ist.**
2. Synchronmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elementseiten (25) und die äußeren Wickelköpfe (26) der Wellenwicklung (23, 24) in nur zwei übereinanderliegenden Wicklungsschichten angeordnet sind und daß der Draht im Wicklungsverlauf von Wicklungsanfang zum Wicklungsende so geführt ist, daß der Draht ausschließlich im Bereich der Drahtbelegung der im Wicklungsverlauf unteren Wicklungsschicht in der im Wicklungsverlauf oberen Wicklungsschicht verläuft und die Schichtübergänge im Bereich der äußeren Wickelköpfe (26) liegen.
3. Synchronmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die radial ausgerichteten Elementseiten (25) soweit nach innen erstrecken, daß in einer Wicklungsschicht nebeneinanderliegende, verschiedenen Wicklungselementen zugehörige Elementseiten (26) sich an den Abwinkelungsstellen der inneren Wickelköpfe (27) mindestens nahezu berühren.
4. Synchronmaschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die äußeren Wickelköpfe (26) vorzugsweise bogenartig derart geführt sind, daß in der gleichen Wicklungsschicht liegende verschiedenen Wicklungselementen angehörende benachbarte Wickelköpfe (26) sich mindestens längs eines Wickelkopfabchnittes berühren.
5. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 2–4, dadurch gekennzeichnet, daß die Elementseiten (25) in beiden Wicklungsschichten in zwei rechtwinklig zur Achse des Scheibenläufers (14) und parallel zueinander verlaufenden Ebenen liegen.
6. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 2–5, dadurch gekennzeichnet, daß die äußeren Wickelköpfe (26) zumindest teilweise auf der Stirnseite der Blechwickel (21, 22) aufliegen.
7. Synchronmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die im Bereich der äußeren Wickelköpfe (26) vorhandenen Schichtübergänge von der unteren Wicklungsschicht in die obere Wicklungsschicht außerhalb der Blechwickel (21, 22) liegen.
8. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 2–7, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungsstränge der Wellenwicklung (23, 24) fortlaufend gewickelt sind.
9. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 2–7, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Wicklungsstränge der Wellenwicklung (23, 24) getrennt vorgefertigt und anschließend ineinandergeschach-

teilt sind.

10. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1–9, dadurch gekennzeichnet, daß die Blechwickel (21, 22) im Maschinengehäuse (10) durch Preßsitz gehalten und durch Sicherungsmittel, wie radiale Stifte oder Federelemente, gegen axiales Verschieben gesichert sind.

11. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1–10, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnetsegmente (15) des Scheibenläufers (14) zwischen zwei Armierungsschichten (16, 17) eingebettet sind und daß die Armierungsschichten (16, 17) in den Pollücken soweit nach innen gezogen sind, daß sie aneinanderliegen und radiale Luftkanäle (28) bilden.

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer bürstenlosen Axialluftspalt-Synchronmaschine nach der Gattung des Anspruchs 1.

Bei einer bekannten Synchronmaschine dieser Art sind die mit radial verlaufenden Nuten versehenen Ständerblechpakete derart mit der Ankerwicklung bewickelt, daß die Elementseiten in einer oder mehreren Lagen in den Nuten liegen und die die Elementseiten verbindenden Wickelköpfe am Innen- und Außenrand der Ständerblechpakete, vorzugsweise in Axialrichtung abgekröpft, angeordnet sind. Die bekannte Synchronmaschine wird als Antriebsmotor für Roboter eingesetzt, da sie durch die große Wärmekapazität ihrer Ständerblechpakete, in welchen die Ankerwicklungen unmittelbar eingelegt sind, eine hohe Überlastbarkeit aufweist. Allerdings treten durch die genuteten Ständerblechpakete unerwünschte Rastermomente auf und durch magnetisch anregbare Zähne neigt diese Maschine je nach Drehzahl und Eigenresonanz zu einer mehr oder minder starken Geräuscentwicklung.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Axialluftspalt-Synchronmaschine mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß bei unvermindert hoher Überlastbarkeit der Maschine durch die nutenlosen Ständerblechpakete die üblichen, stark ausgeprägten Rastermomente beseitigt sind. Magnetgeräusche werden ebenfalls vermieden. Die erfindungsgemäße Synchronmaschine ist sowohl hinsichtlich ihres Stators als auch ihres Rotors fertigungstechnisch sehr einfach herzustellen. Ankerwicklungen und Ständerblechpakete werden getrennt vorgefertigt und durch einfaches Verkleben miteinander verbunden. Die fertigungstechnisch aufwendige Nutung und Bewicklung der Ständerblechpakete entfällt. Durch die Vergußmasse ist außerdem eine gute Wärmeleitung von der als sog. Luftspaltwicklung ausgebildeten Ankerwicklung zu dem Ständerblechpaket sichergestellt.

Die erfindungsgemäße Synchronmaschine kann sowohl als Roboterantrieb als auch als Kraftfahrzeug-Generator gleichermaßen vorteilhaft eingesetzt werden. Die für den Kraftfahrzeug-Generator, der als Niederspannungsmaschine auszubilden ist, erforderlichen größeren Leistungsquerschnitte können durch Parallelschaltung von Teilwicklungen realisiert werden, ohne

daß sich dabei die axiale Bauhöhe der Ankerwicklung ändert. Die erfindungsgemäße Synchronmaschine hat die für beide Anwendungsfälle erforderlichen geringen Schwungmassen und verfügt selbst bei hoher Umgebungstemperatur durch gute Luftkühlung über eine ausreichend hohe Überlastbarkeit. Die erfindungsgemäße Synchronmaschine ist weitgehend schüttelfest und für den Kraftfahrzeugbetrieb geeignet. Bei Verwendung als Kraftfahrzeug-Generator werden die erforderlichen Gleichrichter in das Maschinengehäuse integriert und im Kühlluftstrom angeordnet. Die Ausführung als flüssigkeitsgekühlte Maschine ist ohne konstruktive Änderung des elektrischen Teils möglich.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Axialluftspalt-Synchronmaschine möglich.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ergibt sich dabei aus Anspruch 2. Durch diese Ausbildung weist die Luftspaltwicklung mit Ausnahme der inneren Wickelköpfe eine konstante axiale Dicke von nur zwei Drahtstärken auf. Damit können die äußeren Wickelköpfe gemäß der Ausführungsform nach Anspruch 3 teilweise noch innerhalb der Stirnseite der Ständerblechpakete angeordnet werden. Bei unveränderter Leistung der Synchronmaschine ergeben sich geringere Statoraußendurchmesser oder umgekehrt bei konstantem Statoraußendurchmesser wird eine größere elektrische Leistung erzielt.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ergibt sich auch aus Anspruch 11. Durch diese Maßnahmen werden zwischen den Permanentmagnetsegmenten radiale Luftkanäle geschaffen, durch welche bei Rotation des Scheibenläufers Luft nach außen geschleudert wird, die ihrerseits eine verstärkte Kühlung der Ankerwicklungen und der Ständerblechpakete bewirkt.

Zeichnung

Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 einen Längsschnitt einer als Robotermotor eingesetzten Axialluftspalt-Synchronmaschine,

Fig. 2 eine weitgehend schematische Darstellung einer dreiphasigen zweilagigen Wellenwicklung für die 6polige Axialluftspalt-Synchronmaschine gemäß Fig. 1, beschränkt auf einen Wicklungsstrang und auf die Andeutung der beiden weiteren Wicklungsstränge.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Die in Fig. 1 im Längsschnitt zu sehende Axialluftspalt-Synchronmaschine weist ein zweiteiliges Maschinengehäuse 10 mit zwei Lagerschildern 11, 12 auf, in welchen eine Läuferwelle 13 drehbar gelagert ist. Mit der Läuferwelle 13 ist drehfest ein Scheibenläufer 14 verbunden, der das Erregersystem aus Permanentmagnetsegmenten 15 trägt. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind über den Umfang des Scheibenläufers 14 sechs Permanentmagnetsegmente 15 gleichmäßig verteilt angeordnet. Die Permanentmagnetsegmente 15 sind zwischen zwei Armierungsschichten 16, 17 eingebettet. Wie in der unteren Hälfte des Scheibenläufers 14 in Fig. 1 zu erkennen ist, sind die Armierungsschichten 16, 17 in den Pollücken soweit nach innen gezogen, daß sie aneinanderliegen. Dadurch entstehen radiale Luftkanäle 28 zur verbesserten Führung der

Kühlluft. Zur Aufnahme von Fliehkräften ist der Scheibenläufer 14 außen mit einem Wickel 18 aus hochfestem Material bandagiert. Ein solcher Wickel 18 besteht aus mehreren Lagen Glasrowing, die mit Vorspannung über die Permanentmagnetsegmente 15 gewickelt werden. Als Material für die Armierungsschicht kommt entweder glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) oder amagnetischer Stahl (V 2A) zur Anwendung.

Auf beiden Seiten des Scheibenläufers 14 ist jeweils mit axialem Abstand ein ringförmiges Ständerblechpaket 19 bzw. 20 im Maschinengehäuse 10 gehalten. Jedes Ständerblechpaket 19, 20 ist als nutenloser Blechwickel 21, 22 aus Bandstahl mit konstanter Breite ausgebildet. Die Blechwickel 21, 22 sind durch Preßsitz im Maschinengehäuse 10 gehalten und durch nicht dargestellte Sicherungsmittel, wie radiale Stifte oder Federelemente, gegen axiales Verschieben gesichert.

Jedes Ständerblechpaket 19, 20 bzw. jeder Blechwickel 21, 22 trägt eine aus isoliertem Draht gewickelte Dreiphasen-Ankerwicklung 23, 24 mit radial sich erstreckenden Elementseiten 25 und mit die Elementseiten verbindenden äußeren und inneren Wickelköpfen 26, 27. Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, ist jede Ankerwicklung 23, 24 als selbsttragende zweilagige Wellenwicklung ausgebildet. Die vorgefertigten Ankerwicklungen 23, 24 sind als Luftspaltwicklungen auf der Stirnseite des zugehörigen Blechwickels 21 bzw. 22 aufgelegt und mit diesem mittels einer wärmeleitenden Vergußmasse verklebt.

Wie im einzelnen aus Fig. 2 ersichtlich, sind die Elementseiten 25 und die äußeren Wickelköpfe 26 der jeweiligen Ankerwicklung 23, 24 in nur zwei übereinanderliegenden Wicklungsschichten angeordnet, wobei die radial verlaufende Elementseiten 25 in jeder einzelnen Wicklungsschicht an den Abwinkelungsstellen der inneren Wickelköpfe 27 dicht aneinanderliegen. In Fig. 2 ist nur ein Wicklungsstrang der dreiphasigen zweilagigen Wellenwicklung, dessen Anfang mit U und dessen Ende mit X bezeichnet ist, vollständig dargestellt, während die beiden anderen Wicklungsstränge mit den Wicklungsanfängen V bzw. W und den Wicklungsenden Y bzw. Z nur mit etwas mehr als einem Wicklungselement zu sehen sind. In Fig. 2 sind auch die Elementseiten 25, die in der unteren Wicklungsschicht liegen, strichliniert und die Elementseiten 25, die in der oberen Wicklungsschicht liegen, ausgezogen dargestellt. Bei der Herstellung der Wellenwicklung gemäß Fig. 2 wird der isolierte Draht im Wicklungsverlauf jedes Wicklungsstrangs vom Stranganfang U bzw. V bzw. W zum Strangende X bzw. Y bzw. Z so geführt, daß er ausschließlich im Bereich der Drahtbelegung der im Wicklungsverlauf unteren Wicklungsschicht in der im Wicklungsverlauf oberen Wicklungsschicht verläuft. Die Schichtübergänge von unterer Wicklungsschicht zur oberen Wicklungsschicht liegen ausschließlich im Bereich der äußeren Wickelköpfe 26. Die drei Wicklungsstränge werden dabei fortlaufend eingewickelt, wobei jeder Wicklungsstrang etwa ein Drittel einer Polteilung belegt. Es ist auch möglich, die drei Wicklungsstränge getrennt vorzufertigen und anschließend in der beschriebenen Weise ineinander zu schachteln. Die in Fig. 2 dargestellte zweilagige Wellenwicklung weist mit Ausnahme der inneren Wickelköpfe 27 eine konstante axiale Dicke von nur zwei Isolierdrahtstärken auf. Dadurch ist es möglich, ein Teil der äußeren Wickelköpfe 26 innerhalb der Stirnseite der ringförmigen Blechwickel 21 bzw. 22 anzuordnen, wie dies aus Fig. 1 ersichtlich ist.

Wie in Fig. 2 nur angedeutet dargestellt werden konnte, sind die äußeren Wickelköpfe 26 vorzugsweise bogenartig so geführt, daß in der gleichen Wicklungsschicht liegende, verschiedenen Wicklungselementen angehörende benachbarte Wickelköpfe 26 sich wenigstens längs eines Wickelkopfabschnittes berühren. Die Elementseiten 25 in beiden Wicklungsschichten liegen in zwei rechtwinkelig zur Achse des Scheibenläufers 14 und parallel zueinander verlaufenden Ebenen. Die in den äußeren Wickelköpfen 26 vorhandenen Schichtübergänge von der unteren Wicklungsschicht in die obere Wicklungsschicht sind so gelegt, daß sie bei auf das Ständerblechpaket 19, 20 bzw. auf den Blechwickel 21, 22 aufgeklebter zweilagiger Wellenwicklung 23, 24 außerhalb des Ständerblechpaketes 19, 20 bzw. des Blechwickels 21, 22 liegen.

Die die Ständerblechpakete 19, 20 bildenden Blechwickel 21, 22 können zur Halterung im Maschinengehäuse 10 auch teilweise mit Gehäusematerial umspritzt werden.

Die Kühlung der beiden Ankerwicklungen 23, 24 erfolgt wie folgt:

Durch die radialen Luftkanäle 28 wird Luft bei Drehung des Scheibenläufers 14 radial nach außen geschleudert und gelangt durch Kühlschlitze 29 zwischen den Ständerblechpaketen 19 bzw. 20 und dem innen stark verrippten Maschinengehäuse wieder nach innen. Von der Innenverrippung sind in Fig. 1 zwei Innenrippen 30 zu sehen. Ein weiterer Teil der Wärme gelangt von der Ankerwicklung über die wärmeleitende Ver-
gußmasse in die Ständerblechpakete 19, 20 zum außen ebenfalls stark verrippten Maschinengehäuse 10.

Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel einer für den Einsatz als Robotermotor vorgesehenen Axialluftspalt-Synchronmaschine beschränkt. So kann die Axialluftspalt-Synchronmaschine auch als Bordnetzgenerator bei einem Kraftfahrzeug Verwendung finden. Solche Bordnetzgeneratoren werden als Niederspannungsmaschinen ausgelegt. Die hierzu erforderlichen größeren Leiterquerschnitte lassen sich durch Parallelschaltung von Teilwicklungen eines Wicklungsstrangs erzielen, ohne daß die Wicklung dadurch eine größere axiale Bauhöhe erhält. Die bei Bordnetzgeneratoren erforderlichen Gleichrichter werden im Maschinengehäuse integriert und im Kühlluftstrom angeordnet. Auch ist die Ausführung des Bordnetzgenerators mit Flüssigkeitskühlung möglich. Die Kühlflüssigkeit wird hierbei in Kanälen auf der Oberfläche des Maschinengehäuses geführt. Die Wärme aus den Ankerwicklungen wird zum Teil über die Luft im Innenraum der Synchronmaschine über das innen stark verrippten Maschinengehäuse an die Kühlflüssigkeit führenden Kanäle abgegeben.

35 10 228

- 5 -

Nummer:

35 10 228

Int. Cl.⁴:

H 02 K 21/12

Anmeldetag:

21. März 1985

Offenlegungstag:

25. September 1986

14

Fig. 1

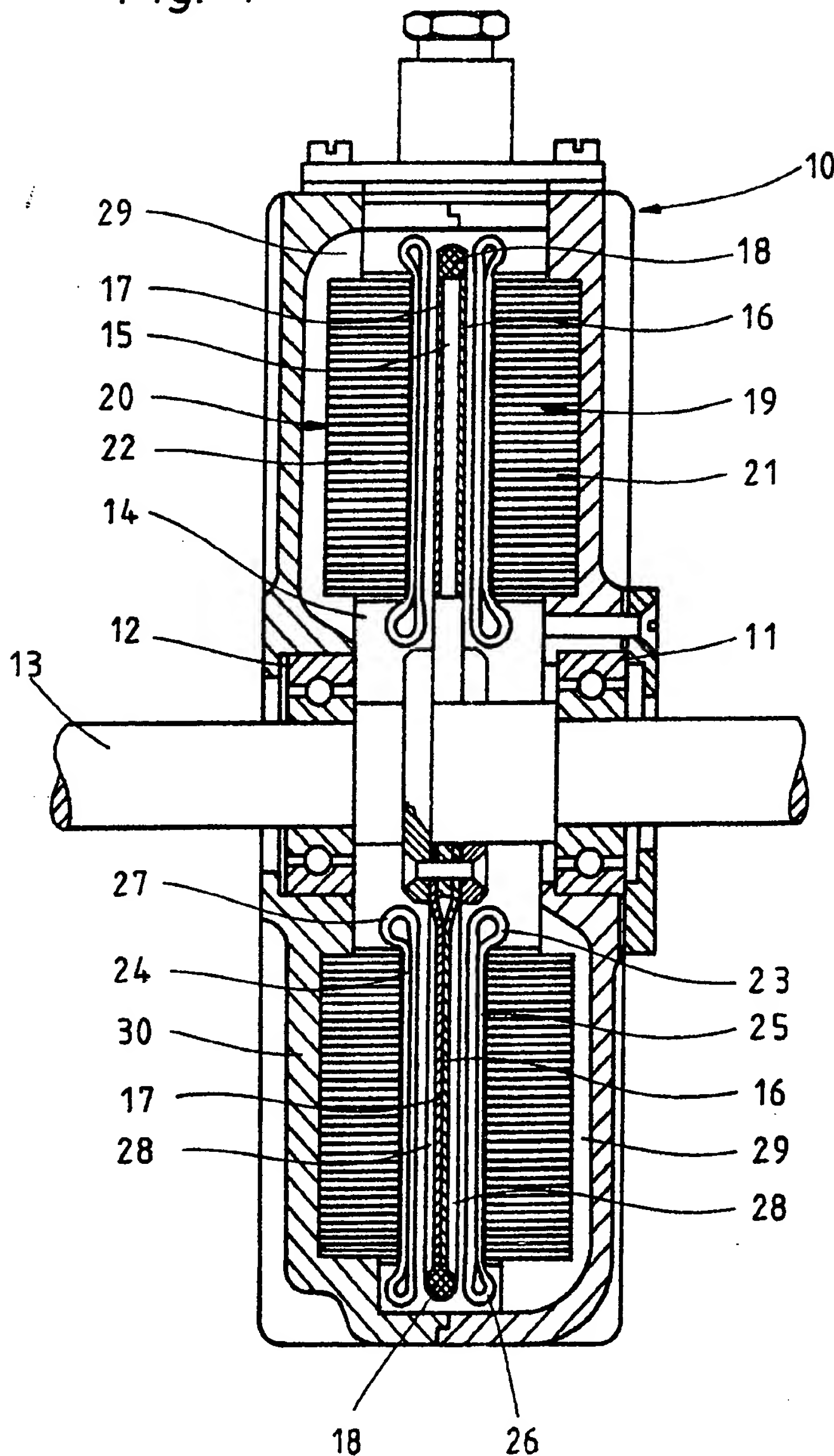


Fig. 2

